

FACULTE DES LETTRES DE L'UNIVERSITE
DE PARIS

ESSAI
SUR L'UNITE
DE LA
PHYSIQUE THEORIQUE

THESE COMPLEMENTAIRE POUR LE DOCTORAT
ES-LETTRES (PHILOSOPHIE)

PRESENTÉE PAR

JEAN-LOUIS DESTOUCHES

DOCTEUR ÈS SCIENCES
CHARGÉ DE RECHERCHES

TIMIȘOARA (ROUMANIE)

Bulletin Scientifique de l'École Polytechnique de Timișoara Editeur.

1938

FACULTE DES LETTRES DE L'UNIVERSITE
DE PARIS

ESSAI
SUR L'UNITE
DE LA
PHYSIQUE THEORIQUE

THESE COMPLEMENTAIRE POUR LE DOCTORAT
ES-LETTRES (PHILOSOPHIE)

PRESENTÉE PAR

JEAN-LOUIS DESTOUCHES

DOCTEUR ÈS SCIENCES
CHARGÉ DE RECHERCHES

TIMIȘOARA (ROUMANIE)

Bulletin Scientifique de l'École Polytechnique de Timișoara Editeur.

1938

*La Faculté n'entend donner aucune approbation ni
improbation aux opinions émises dans les Thèses;
ces opinions doivent être considérées comme propres
à leurs auteurs.*



INTRODUCTION.

Le but de ce travail est d'établir l'unité de la physique théorique. Cette unité s'exprime de façon précise sous la forme suivante : Si l'on a construit deux théories physiques, on a la possibilité de construire une théorie qui les englobe ou les unifie. Cet énoncé est celui du théorème fondamental que nous nous proposons d'établir. Naturellement pour que ce théorème ait une signification nettement délimitée il faut que nous précisions d'abord nos hypothèses, en quoi consiste une théorie physique, puis ce que nous entendons par „englober“ et par „unifier“, enfin les règles de raisonnement que nous nous permettons d'employer. C'est à ces précisions qu'est consacrée une partie de notre exposé, le reste étant constitué par la démonstration de notre théorème.

Il n'est guère besoin d'insister sur l'importance de ce théorème. Il nous donne, en effet, la certitude, quand nous entreprenons des recherches pour la construction d'une théorie physique destinée à unifier deux domaines, deux théories, ayant des points communs sur lesquels tout accord paraît impossible, que nos recherches ont un sens et que nous pouvons être certain que la théorie cherchée peut être effectivement construite.

Jusqu'à maintenant les physiciens ont toujours cru à l'unité de la physique théorique ; ils ont admis que pendant les époques de crise cette unité pouvait se trouver rompue, mais ils ont été persuadés qu'un jour elle serait rétablie. Cette croyance s'est trouvée justifiée, par exemple pour l'unification des notions d'onde et de corpuscule en mécanique ondulatoire qui a permis de rétablir, tout au moins en principe, l'unité de la théorie de la lumière qui s'était trouvée rompue par la découverte de l'effet photo-électrique. Si, en fait, l'unité de cette théorie n'a pas été encore complètement réalisée à l'heure actuelle, notre théorème nous permet d'affirmer que ce but d'unification et de synthèse qui est poursuivi présentement par *M. Louis de Broglie* dans sa nouvelle théorie de la lumière est un but qu'il est possible d'atteindre de façon effective.

Mais la croyance à l'unité de la Physique théorique n'a été jusqu'à maintenant qu'une croyance, analogue à la croyance à un Dieu unique. Cette croyance s'est trouvée entamée ces dernières années par les difficultés qu'on a rencontrées pour concilier la théorie des quanta et la théorie de la Relativité généralisée, cette dernière théorie étant essentiellement continue et se refusant à admettre l'atomisme et la discontinuité ; tous les efforts se sont

montrés vains. Pour notre part il nous a semblé pendant plusieurs années que cette conciliation était impossible et que l'on ne pourrait pas revenir à l'unité. Notre théorème vient nous montrer que ce pessimisme était injustifié et que cette unification peut être effectivement réalisée. A la suite de ce résultat nous nous sommes remis au travail et nous pensons que d'ici très peu de temps nous aurons des résultats précis dans cette voie. Les deux exemples précités suffisent à établir l'utilité de notre théorème.

Si ce théorème de l'unité a une importance pratique pour la recherche en physique théorique, en établissant que des efforts tentés en vue de l'édification d'une théorie unificatrice sont justifiés et que cette édification peut être menée à bien, sa plus grande importance est d'ordre épistémologique et philosophique. La démonstration de la possibilité de la construction effective d'une physique théorique unitaire est d'un grand intérêt pour la théorie de la connaissance et c'est en même temps une grande satisfaction pour l'esprit d'être certain de cette unité. A une simple croyance se substitue maintenant une certitude d'autant plus assurée qu'une méthode est indiquée pour réaliser l'unification.

Un résultat d'une telle généralité ne peut être acquis que moyennant certaines possibilités et certaines hypothèses. Ces possibilités se résument en ceci : on s'autorise dans certains cas que nous précisons à effectuer des modifications aux règles du raisonnement, c'est à dire à la logique admise lors de l'édification des théories physiques dont on se propose l'unification, les modifications permises étant explicitement exprimées : ce sont toujours des affaiblissements des règles admises précédemment ; elles reviennent à défendre des raisonnements permis par la logique classique. Le premier exemple de telles modifications imposées par les théories physiques a été trouvé par M^{lle} Février¹⁾ pour la théorie des quanta sous sa forme actuelle de Mécanique ondulatoire. Cette théorie unifie bien les théories corpusculaires et les théories purement ondulatoires, mais cette unification est payée d'un abandon des règles classiques de raisonnement : il est nécessaire d'un part de renoncer au déterminisme, d'autre part d'adopter la logique de M^{le} Février, qui prend de ce fait une importance fondamentale.

C'est un thème sur lequel nous avons insisté ailleurs²⁾ que les règles de raisonnement ne sont pas fixées d'une façon définitive et que, suivant les domaines étudiés, différentes logiques devaient être adoptées. Cette attitude nous est fixée par notre conception du caractère de schéma bien adapté que constitue une théorie et qui est en accord complet avec la conception *idonéiste* de M. Gonseth³⁾. Cette conception nous permet de faire des modifications à la

¹⁾ Paulette Février. Comptes Rendus, t. 204 (1937), p. 481 et p. 958. Communication au IX^e Congrès int. de Philosophie (Congrès Descartes), Paris 1937, fasc. VI, p. 88 ; (No. 535 des Actualités Scientifiques).

²⁾ Thèse principale de Philosophie.

³⁾ F. Gonseth. Les mathématiques et la Réalité. (Alcan Paris 1936.)

Logique classique (d'une façon précise à la logique désignée par nous par L_0) pourvu qu'elles soient justifiées et adéquates. La logique L_F de M^{lle} *Février* est une modification justifiée et adéquate de la logique L_0 pour l'étude de certaines parties des théories quantiques; de même, notre logique L_1 peut aussi être considérée comme une modification justifiée de L_0 .

Il ne faudrait pas croire que cette liberté de modifier la logique enlève à notre théorème son caractère effectif pour ne lui attribuer qu'une valeur illusoire, car les modifications admises sont strictement énoncées et ne sont jamais que des restrictions apportées aux règles classiques; jamais un théorème démontré avec les règles admises ne saurait ne pas être démontrable avec les règles classiques; d'autre part, comme l'établit le résultat de M^{lle} *Février*, cette méthode de modification de la logique est celle qu'ont employée, sans le savoir, les physiciens qui ont édifié la Mécanique ondulatoire. Les relations d'incertitude de *Heisenberg* exigent que l'on fasse subir à la logique les modifications de M^{lle} *Février*. C'est pourquoi notre théorème a une valeur: les modifications que nous permettons sont justement du genre de celles qu'ont déjà acceptées implicitement les physiciens, bien que parfois ils reconnaissent difficilement avoir fait, d'ailleurs malgré eux, des modifications qui à leurs yeux sont très graves mais qui avec notre conscience idonéiste nous paraissent heureuses et naturelles. Notre théorème ne prend donc sa pleine valeur qu'à la lumière de la conception idonéiste, et c'est ce qui en fait l'intérêt philosophique.

I.

LES NOTIONS FONDAMENTALES.

1. *Définition d'une théorie physique.* L'unité de la Physique théorique sera établie, à notre sens, s'il existe une théorie unique qui unifie toutes les théories physiques admises à l'époque que l'on considère. Pour que cet énoncé ait une certaine rigueur il faut que nous définissions d'une manière précise ce qu'est une théorie physique ainsi qu'une théorie qui unifie n théories.

Dans notre thèse principale de Philosophie, nous avons montré qu'une théorie physique comprenait trois parties, d'abord une „synthèse inductive“ dont le but est de faire admettre une axiomatique et dont le terme est un énoncé axiomatique qui forme la seconde partie de la théorie. La troisième partie est la „partie déductive“, c'est une théorie déductive dont le point de départ est l'énoncé axiomatique dont nous venons de parler. Dans les considérations qui vont suivre et qui sont d'ordre logique, seules les deux dernières parties ont à intervenir, puisque nous prenons les théories comme déjà existantes et justifiées (à ce moment peu nous importe comment nous avons été conduit à les considérer comme justifiées). La première partie n'ayant pour but que cette justification n'interviendra, de façon d'ailleurs implicite, qu'au moment où nous ferons appel à l'expérience, c'est-à-dire dans les raisonnements non purement logiques.

Pour que la définition qui précède soit claire, il faut encore que nous indiquions ce que nous entendons par théorie déductive. Dans notre ouvrage déjà mentionné, nous avons adopté la définition suivante :

Une théorie déductive est constituée par :

1^o. des „termes primitifs“ ou „concepts“ $c_1, c_2, \dots, c_n$.

2^o. des fonctions de ces termes primitifs dites „fonctions définissantes“ qui transforment un ensemble de termes primitifs en un élément dit „terme défini“. Si a est un terme défini par la fonction définissante f on écrit :

$$a =_d f(c_1, \dots, c_n).$$

Dans tout raisonnement on peut remplacer une fonction définissante par le terme défini et *vice-versa*.

3^o. On a des éléments d'un autre type que les termes primitifs qu'on appelle „propositions“. Ce sont des fonctions de termes primitifs ou définis.

4^o. Parmi les propositions, k sont appelées „axiomes“ ou „postulats“.

5^o. Il existe un signe $\rightarrow$ qui se lit „entraîne“. A gauche de ce signe on écrit une proposition, à droite s'écrit une proposition qui sera dite „justifiée“ si celle écrite à gauche est un axiome ou une proposition déjà justifiée.

Cette définition d'une théorie déductive exige que nous ayons admis auparavant un certain nombre de concepts ; nous avons adopté la schématisation suivante, qui nous sera suffisante :

Tp. 1. „Ensemble“.

Tp. 2. „Élément d'un ensemble“. Si a est un élément d'un ensemble, on convient d'écrire : $a \in E$.

Tp. 3. „Type“.

A. 1. „Un ensemble n'est pas du même type que ses éléments“.

Tp. 4. „Variable parcourant un ensemble“.

Tp. 5. „Correspondance univoque entre les éléments de deux ensembles“.

Une correspondance est figurée par l'une des deux écritures :

$$y = \mathbf{T}x, \quad y = f(x),$$

x étant une variable sur le premier ensemble, y une variable sur le second ensemble ; $f(x)$ s'appelle une „fonction de x “, et $\mathbf{T}$ s'appelle „opérateur“ symbolisant la transformation du premier ensemble dans le second.

Cette schématisation permet de définir, comme nous l'avons fait, une théorie déductive.

2. *Définitions et règles fondamentales.* Un certain nombre d'axiomes et de définitions nous sont encore nécessaires avant de commencer notre démonstration. En voici les énoncés.

Df. 1. Une „fonction propositionnelle“ est une fonction établissant une correspondance entre une variable abstraite (c'est-à-dire une variable sur un ensemble E qui n'est pas autrement précisé) et une variable sur un ensemble de propositions.

A. 2. Une définition est une proposition ; c'est-à-dire qu'une écriture de la forme :

$$a = {}_d f(c_1, \dots, c_n)$$

est considérée comme une proposition.

Df. 2. On appelle „vraies“ les propositions suivantes :

1°. Les axiomes.

2°. Les définitions construites suivant les règles adoptées.

3°. Les propositions justifiées.

Une proposition vraie sera précédée du signe $\vdash$.

Df. 3. On appelle „condition sur des éléments“ une fonction propositionnelle qui doit être vraie pour tous les éléments mis à la place de la variable.

A. 3. „Un ensemble est défini par une condition sur ses éléments“, ou encore, ce que nous considérerons comme identique : „Une condition sur des éléments définit un ensemble“. Si $f(x)$ est la fonction propositionnelle exprimant la condition, l'ensemble défini sera désigné par :

$$\underset{x}{E} f(x).$$

A. 4. Si l'ensemble défini par la condition $f(x)$ a au moins un élément et si y est une variable sur cet ensemble on a

$$y \in \bigcup_x f(x).$$

A. 5. Règle de particularisation: Si une fonction propositionnelle est vraie pour une variable x , parcourant un ensemble E , on obtient une proposition vraie en remplaçant dans la fonction propositionnelle la variable par un élément de l'ensemble.

Cet axiome relie la notion de variable et d'élément.

Df. 4. Une proposition qui n'est pas vraie est dite „non-vraie“.

A. 6. $p \rightarrow q$ est une proposition; elle est non-vraie si p est vraie et q non-vraie, vraie si p est vraie et justifie q ; le signe $\rightarrow$ s'applique à toute paire de propositions p, q .

Cet axiome a pour effet d'étendre l'emploi du signe $\rightarrow$ introduit au moment de la définition des théories déductives: au lieu de ne l'employer que lorsque p justifie q , on considère $p \rightarrow q$ comme une proposition vraie lorsqu'il y a bien justification, non-vraie dans d'autres cas que l'on précise en partie.

A. 7. Une fonction, dite „valeur logique“, en général multivalente (c'est-à-dire qu'à une valeur de la variable correspond en général un ensemble d'éléments et non un seul), est définie sur l'ensemble des propositions. L'ensemble des valeurs de cette fonction est dit „ensemble des valeurs logiques“. On écrit:

$$y = \text{VI}(x_p),$$

x_p étant une variable définie sur l'ensemble des propositions.

Parmi les éléments de l'ensemble parcouru par y il y a V , dit „valeur logique vrai“ et Λ dit „valeur logique non-vrai“. Une proposition qui n'a pas la valeur logique V a la valeur logique Λ .

Dans une théorie déductive Th les propositions vraies ont la valeur logique V ; les propositions non-justifiées ont la valeur logique Λ .

A. 8. a) Une fonction dite „négarion“ est définie sur l'ensemble des propositions; elle fait correspondre à toute proposition une autre proposition dite négation. La négation de p sera désignée par $\neg p$.

b) La valeur logique de $\neg p$ est fonction uniquement de la valeur logique de p .

$$\text{VI}(\neg p) = f_{\neg}[\text{VI}(p)].$$

c) La fonction $f_{\neg}$ est définie en partie par les deux conditions:

$$1^{\circ}. \quad \text{VI}(\neg p) = f_{\neg} =_d \text{VI}(p) = V$$

$$2^{\circ}. \quad \text{VI}(\neg p) = V =_d \text{VI}(p) = f_{\neg}.$$

Les propositions qui n'ont pas la valeur logique vrai ayant la valeur non-vrai, il y a une relation entre le faux et le non-vrai: tout faux est non-vrai, mais il n'est pas impossible que du non-vrai ne soit pas faux. Ce n'est

qu'en logique classique que l'on identifie le faux avec le non-vrai. Ceci nous conduit à poser :

$$\text{Df. 5.} \quad \alpha \rightarrow \beta =_d \text{VI}(p) = \alpha. \rightarrow . \text{VI}(p) = \beta.$$

et à introduire un axiome :

$$\text{A. 9.} \quad f \rightarrow \Lambda.$$

Df. 6. Une fonction qui fait correspondre à une ou à un ensemble de propositions une proposition, c'est-à-dire une fonction propositionnelle dont la variable est un ensemble de propositions, sera dite „opération logique“.

Df. 7. Une opération logique telle que la valeur logique de la fonction propositionnelle obtenue ne dépende que des valeurs logiques des variables de la fonction sera dite „opération logique de première espèce“.

A une opération logique de première espèce nous pouvons faire correspondre biunivoquement une opération sur les valeurs logiques de la façon suivante :

$$\text{Df. 8.} \quad \mathbf{T} \text{VI}(p) =_d \text{VI}(\mathbf{T} p); \quad \mathbf{T} \text{ opération de la 1}^{\text{ère}} \text{ espèce.}$$

Nous appellerons „opération binaire“ ou „relation binaire“ une opération logique qui à une paire de propositions fait correspondre une proposition. Elle sera de première espèce si l'opération est de première espèce. Nous poserons alors :

$$\text{Df. 9.} \quad \text{VI}(p) \mathbf{R} \text{VI}(q) =_d \text{VI}_1^1(p \mathbf{R} q).$$

3. Les conjonctions „et“ et „ou“. Il nous faut maintenant introduire des opérations binaires telles qu'elles soient des schématisations bien adaptées des conjonctions „et“ et „ou“. Ici deux cas sont à considérer suivant que ces opérations sont de première espèce (cas habituel) ou ne le sont pas (cas de la logique L_F de M^{lle} Février). Lorsqu'elles ne seront pas de première espèce, nous dirons qu'elles sont de „troisième espèce“. Dans ce cas nous supposons que les paires de propositions sont divisées en plusieurs classes (le mot classe est pris comme synonyme d'ensemble) soit en n classes, telles que pour toute paire d'une classe la valeur logique de la proposition obtenue ne dépende que de la valeur logique des propositions de la paire et de la classe de la paire. Alors qu'une opération logique de première espèce peut être définie par une matrice, une opération logique de troisième espèce est définie par autant de matrices qu'il y a de classes pour les paires de propositions par rapport à l'opération considérée.

Si l'opération & symbolisant la conjonction „et“ n'est pas de première espèce mais de troisième, l'une des classes de paires sera dite „classe des paires composables“, les autres classes seront dites des classes de paires incomposables. La logique F ne comporte qu'une seule classe de paires incomposables.

Pour définir des opérations de première espèce ou de troisième espèce il nous faut admettre une règle de définition, c'est-à-dire un nouvel axiome. Nous lui donnerons la forme suivante :

A. 10. Une opération de troisième espèce, ou en particulier une opération de première espèce, est correctement définie si la définition donnée est telle que :

1°. Elle permet de fixer le nombre de classes.

2°. Pour chaque classe elle permet de construire le tableau des valeurs logiques de l'opération sur les valeurs logiques associée (comme il a été dit pour les opérations de 1^{ère} espèce).

3°. Elle permet pour chaque paire de propositions de savoir à quelle classe elle appartient.

Si la définition donnée ne permet que de fixer incomplètement les points que nous venons d'énumérer, la définition est dite „incomplète“ ; Elle sera acceptée provisoirement en n'utilisant que les propriétés qui découlent de la définition incomplète, tant que ne sera pas donnée une définition complète.

Une définition telle que les conditions pour un des tableaux de valeurs logiques soit contradictoire ou telle qu'une paire appartienne simultanément à deux classes distinctes sera rejetée. Le mot „contradictoire“ est pris ici dans le sens spécial signifiant que l'on devra en au moins un élément d'un tableau placer deux valeurs logiques qui ne sont pas liées par le signe $\neq$. Pour distinguer ce sens d'une autre signification donnée au mot contradictoire, nous dirons ici „fortement contradictoire“.

Cet axiome admis, nous définirons incomplètement l'opération $\&$ comme suit :

Df. 10. Une opération logique de troisième espèce (ou en particulier de première), $\&$, est définie par :

1°. Pour toute paire de propositions on a :

$$VI(p \& q) = VI(q \& p).$$

2°. Pour des paires composables :

1. $p \& q$ est V si p et q sont V et seulement dans ce cas.

2. Si p et q sont l'un V et l'autre f, la proposition $p \& q$ est f.

3. $VI(p) = VI(q) \rightarrow VI(p \& q) = VI(p).$

3°. 1. Une proposition est toujours composable avec elle même et avec sa négation.

2. Les axiomes sont composables entre eux.

3. Une proposition de la forme $p \rightarrow q$ est composable avec toute proposition de la même forme $r \rightarrow s$.

La définition qui précède n'est complète et même dans ce cas surabondante que si $\&$ est de première espèce et si de plus il n'y a que deux valeurs logiques (cas classique). Ceci se vérifie immédiatement.

Dans le cas où l'on n'a que des opérations de première espèce la définition et l'axiome qui précèdent se simplifient en prenant la forme Df. 9 et A. 10 de notre Thèse principale de Philosophie.

La définition 10 suppose qu'on a admis l'axiome suivant :

A. 11. a) *Les écritures de la forme :*

$$Vl(p) = \alpha; \quad Vl(p) = Vl(q)$$

sont des propositions, α étant une valeur logique.

b) *La valeur logique d'une telle proposition est V ou f.*

c) *Le signe $=$ est symétrique.*

Il nous faut maintenant introduire une opération schématisant la conjonction „ou“ ; nous la définirons, elle aussi, d'une façon incomplète par :

Df. 11. *Une opération logique de troisième (ou en particulier de première) espèce $\vee$ est définie par :*

1°. *Les classes de paires sont les mêmes que pour l'opération $\&$.*

2°. *Pour toute paire de propositions on a :*

$$Vl(p \vee q) = Vl(q \vee p).$$

3°. *Pour des paires composables :*

1. *$p \vee q$ est V si au moins l'une des deux propositions est V et seulement dans ce cas.*

2. *Si p et q sont composables :*

$$Vl(p) = Vl(q) \rightarrow . Vl(p \vee q) = Vl(p).$$

Cette définition de l'opération $\vee$ est en tous points analogue à celle de l'opération $\&$.

4. *La logique L_2 .* On reconnaît dans tout ce qui précède le début d'une logique ; nous avons en effet besoin pour faire une démonstration de règles de raisonnement : or, lorsque nous mettrons ces règles sous forme d'une théorie déductive, nous conviendrons de dire qu'elles constituent une logique. Les règles que nous avons admises jusqu'à maintenant nous sont insuffisantes pour la démonstration que nous avons en vue. Aussi allons nous en admettre de nouvelles dont l'ensemble constituera une logique définie incomplètement et que nous désignerons par L_2 .

Lorsque la valeur logique faux ne se réduira pas à la valeur logique non-vrai, cas qui est réalisé dans toute logique dans laquelle il y a plus de deux valeurs, nous poserons :

$$\text{Df. 12.} \quad Vl(p) = T \equiv_d . [Vl(p) = \Lambda] \& [Vl(\sim p) = \Lambda]$$

les trois valeurs V, f, T sont complètement distinctes, c'est-à-dire non-liées par le signe $\equiv$, car V, f, T, ne peuvent être liées par ce signe ; par contre nous voyons sur cette définition que

$$T \equiv \Lambda.$$

L'existence de cette relation pour T comme pour f nous conduit à définir entre les valeurs logiques une opération que nous appellerons „somme des valeurs logiques“ au moyen de la définition :

Df. 13. $VI(p) = \alpha \vee \beta \equiv_d VI(p) = \alpha \vee VI(p) = \beta$.

Nous admettrons encore ces deux axiomes :

A. 12. *Lorsque p et q sont composables : $p \rightarrow p \vee p$,*

A. 13. $\Lambda = T \vee f$.

Comme dans le cas de la Logique L_1 que nous avons définie dans notre thèse principale de Philosophie, on démontrerait que cet axiome n'entraîne pas de contradiction. La Logique que nous sommes en train de définir est assez voisine de la logique L_1 , mais elle en diffère par le fait que $\&$ et $\vee$ ne sont pas supposées de première classe, mais de troisième. Cette logique L_2 , contient L_1 comme cas particulier, d'où la ressemblance avec L_1 , mais elle contient aussi celle de M^{lle} Février, L_F , comme autre cas particulier, et c'est son caractère essentiel, à cause de l'importance de L_F .

Nous définirons l'identité logique par :

Df. 14. $p \equiv q \equiv_d VI(p) = VI(q)$.

C'est une opération logique de première espèce, complètement définie sitôt qu'on se donne l'ensemble des valeurs logiques : la matrice qui lui est associée a ses éléments diagonaux V et tous les autres f.

Nous admettrons encore les trois axiomes suivants :

A. 14. 1. *La proposition $p \rightarrow q$ a toujours soit la valeur logique V, soit la valeur logique f.*

2. *$p \rightarrow p$ est une proposition vraie.*

De la première partie de cet axiome on conclut que si $p \rightarrow q$ a la valeur logique Λ , c'est à dire est non-vraie, cette proposition est fausse : sa valeur logique est f.

A. 15. $p \& q \rightarrow p$.

A. 16. $(p \rightarrow q \& q \rightarrow r) \rightarrow (p \rightarrow r)$.

Si nous voulons donner une signification extérieure aux valeurs logiques V, f, T, nous devons considérer V comme signifiant le „vrai démontrable“, f le „faux“ pris dans le sens de „la négation est démontrable“, le „tiers“ T signifie la „non-démontrabilité“ à la fois de la proposition et de sa négation. Le „non-vrai“ Λ signifie le „non-démontrable vrai“ ; une proposition non-vraie est d'après un axiome précédent fausse (au sens précisé ci-dessus) ou tierce.

Aux opérations de première et de troisième espèces nous devons encore adjoindre une opération d'un autre type, dite „opération de seconde espèce“. Un nouveau terme primitif nous est nécessaire pour introduire l'opération de ce type que nous considérerons. Nous poserons

Tp. 6. $\exists x$ „il existe un x tel que ...“

Nous n'aurons pas besoin d'explicitier ici d'axiomes concernant cette opération car nous n'aurons à l'utiliser que dans des définitions. Nous avons le droit dans la conception idéiste d'introduire ainsi des termes primitifs

sans énoncer de postulat, car pour nous un postulat ne définit nullement d'une façon implicite un terme primitif : ce n'est que par une synthèse inductive que nous pouvons justifier un terme primitif, en montrant qu'il constitue une schématisation. Nous la sous-entendrons ici, car ce terme est suffisamment bien connu pour que nous n'ayons pas besoin d'en faire la synthèse inductive.

Nous avons obtenu ainsi un ensemble de règles qui nous suffira pour établir les théorèmes que nous avons en vue. C'est pourquoi nous ne poursuivrons pas plus avant le développement des règles fondamentales.

II.

L'UNITE DE LA PHYSIQUE THEORIQUE

1. *Indépendance de deux théories.* Soit une théorie déductive que nous supposons être la partie déductive d'une théorie physique. Nous dirons qu'une proposition p appartient à la théorie considérée si elle est justifiée par les axiomes de la théorie; nous désignerons celle-ci par Th_P ou simplement par Th s'il n'y a pas de confusion à craindre. Nous poserons alors :

Df. 15. $p \varepsilon Th_P =_d P \rightarrow p.$

Une proposition $P \rightarrow p$ étant toujours V ou f on en conclut :

$$\vdash p \varepsilon Th_P . \vee . \infty (p \varepsilon Th_P)$$

ceci ne doit naturellement pas être confondu avec la proposition

$$p \varepsilon Th_P . \vee . (\infty p) \varepsilon Th_P$$

qui ne sera pas vraie en général : cette proposition n'est vraie que dans une théorie complète.

Nous dirons qu'une proposition p est indépendante d'une théorie Th_P si la proposition $p \text{ ind } Th_P$ est vraie avec :

Df. 16. $p \text{ ind } Th_P =_d \infty (P \rightarrow p . \vee . P \rightarrow \infty p).$

De cette définition on tire :

$$p \text{ ind } Th_P \equiv \infty (p \varepsilon Th_P . \vee . (\infty p) \varepsilon Th_P).$$

Df. 17. Une théorie $Th_{\hat{P}}$ sera dite un *prolongement d'une théorie Th_P* si le produit logique des axiomes de $Th_{\hat{P}}$ soit $\hat{P}$ est constitué des axiomes de Th_P et de propositions indépendantes de Th_P , les règles de raisonnement et de définition de $Th_{\hat{P}}$ étant les mêmes que celles de Th_P dans la partie correspondant à Th_P et les termes primitifs de $Th_{\hat{P}}$ comprenant ceux de Th_P .

On aura donc, en désignant par p le produit de ces propositions indépendantes :

$$\hat{P} =_d P \& p.$$

Nous appellerons *condition du prolongement* le fait de choisir les règles de définition et de raisonnement de la partie nouvelle obtenue par le prolongement de façon telle que la théorie prolongée soit consistante.

Une théorie Th_1 sera dite indépendante d'une théorie Th_2 si toute proposition de Th_1 est indépendante de Th_2 ou, d'une façon plus précise, s'il n'existe pas de proposition qui ne soit pas indépendante d'au moins une des deux théories, soit :

Df. 18. $Th_1 \text{ ind } Th_2 =_d \infty \exists q \infty [(q \text{ ind } Th_1) . \& . (q \text{ ind } Th_2)].$

De la symétrie du signe $\&$, c'est-à-dire de la symétrie du produit logique on tire immédiatement :

th. 1. $\vdash Th_1 \text{ ind } Th_2 \equiv Th_2 \text{ ind } Th_1.$

Si une théorie Th_1 est indépendante de Th_2 alors Th_2 est aussi indépendante de Th_1 .

Nous allons maintenant chercher une théorie englobant deux théories indépendantes données. Auparavant il nous faut poser deux définitions.

Une théorie Th_1 sera dite *inclure* une théorie Th_2 si toute proposition de Th_2 est aussi une proposition de Th_1 ; cette définition peut se symboliser par :

Df. 19. $Th_1 \supseteq Th_2 =_d (P_2 \rightarrow p) \rightarrow (P_1 \rightarrow p).$

D'après les axiomes 15 et 16 on a :

th. 2. *Un prolongement d'une théorie inclut cette théorie.*

Nous dirons alors qu'une théorie Th englobe deux théories Th_1 et Th_2 si Th inclut à la fois Th_1 et Th_2 , d'où la définition :

Df. 20. $Th \text{ engl } (Th_1, Th_2) =_d (Th \supseteq Th_1) \& (Th \supseteq Th_2).$

Ces définitions énoncées, nous pouvons démontrer le théorème suivant :

th. 3. *„Si deux théories sont indépendantes il existe une théorie qui les englobe“.*

Pour le démontrer il suffit de faire un prolongement de Th_1 ou de Th_2 en prenant pour axiomes complémentaires le produit des axiomes de l'autre théorie, ce qui est permis en vertu de l'hypothèse de l'indépendance.

Il faut naturellement en outre admettre les règles de définition de chaque théorie qu'on applique dans la partie qui leur correspond et adopter comme ensemble des termes primitifs la réunion des ensembles de termes primitifs de chacune des théories. De même les règles de démonstration de la théorie englobante seront celles de chacune des théories englobées dans la partie qui leur correspond. S'il existe une partie nouvelle, c'est-à-dire s'il y a des propositions de Th qui n'appartiennent ni à Th_1 ni à Th_2 nous devons faire choix dans cette partie de règles de démonstration et de définition qui soient telles que la théorie englobante soit non-contradictoire ou tout au moins consistante si les théories englobées le sont, c'est-à-dire que la condition du prolongement soit satisfaite. Ainsi nous parvenons au théorème :

th. 4. *On obtient une théorie englobant deux théories indépendantes données en prenant 1). pour ensemble des termes primitifs la réunion des ensembles de termes primitifs des deux théories, 2). comme ensemble d'axiomes la réunion des ensembles d'axiomes des deux théories, c'est-à-dire que le produit logique des axiomes de la théorie englobante est le produit logique des produits logiques des axiomes des deux théories, 3). comme règles de définition ou de raisonnement les règles de chacune des théories qu'on applique dans la partie qui leur correspond et s'il y a une partie nouvelle*

on adopte dans celle-ci des règles telles que la consistance ait lieu si les deux théories englobées sont consistantes.

Par la façon dont on choisit les règles la théorie englobante est consistante, mais nous ne pouvons pas démontrer que, si les deux théories englobées ont toutes deux les règles de raisonnement de la logique L_2 , la théorie englobante sera consistante, les deux théories englobées l'étant, en adoptant pour elle les règles de L_2 . Il nous semble qu'il doit être fort difficile d'indiquer en toute généralité quelles seront les règles de raisonnement à adopter dans la théorie englobante pour qu'elle soit consistante, connaissant celles des théories englobées. Cette question n'a d'ailleurs pas une grande importance pratique car on peut toujours choisir des règles telles que la consistance ait lieu : il suffira d'interdire de faire certains raisonnements permis par les règles des théories englobées. Ainsi :

th. 5. *La théorie englobante sera consistante si ses règles de raisonnement sont dans la partie nouvelle celles de l'une des théories englobées avec, en plus, éventuellement certaines interdictions affaiblissant ces règles.*

La justification de ce droit de modifier les règles de raisonnement pour assurer la consistance se trouve dans notre thèse principale de Philosophie et nous n'y reviendrons pas ici : c'est la conception idonéiste qui y conduit.

2. *Cas d'existence d'une théorie englobante.* La logique seule ne nous permettra pas d'établir dans tous les cas l'existence d'une théorie englobante, mais nous allons cependant pouvoir le faire dans d'autres cas que l'indépendance.

En premier lieu si une théorie Th_1 inclut une théorie Th_2 , il existe une théorie englobante, c'est Th_1 elle-même. En effet on a, d'après la définition de l'inclusion :

$$Th_1 \supseteq Th_2 \quad \text{car} \quad P_1 \rightarrow P_2$$

on a bien :

$$Th. 6. \quad Th_1 \supseteq Th_2 \rightarrow Th_1 \text{ engl } Th_2$$

il suffit de se reporter à la définition du signe engl. pour s'en assurer, d'où l'existence d'une théorie englobante dans ce cas.

Considérons maintenant un troisième cas : non-indépendance et non-inclusion d'une théorie dans l'autre avec en outre la condition de non-existence de propositions telles que l'une appartienne à une des deux théories et sa négation à l'autre :

$$\begin{aligned} \infty \exists r \quad r \in Th_1 \rightarrow (\infty r) \in Th_2 \\ \infty \exists s \quad s \in Th_2 \rightarrow (\infty s) \in Th_1, \end{aligned}$$

Si nous considérons la théorie Th obtenue par le même procédé de réunion que dans le cas de l'indépendance, c'est-à-dire la théorie ayant pour termes primitifs la réunion des termes primitifs des deux théories et pour axiomes la réunion des axiomes, soit $P =_d P_1 \& P_2$ et les règles de définition

et de démonstration de chaque théorie composante s'appliquant dans les parties correspondantes, comme la surabondance d'axiomes n'introduit pas de contradictions, le système d'axiomes P_1 & P_2 donnera une théorie consistante en choisissant des règles convenables dans la partie nouvelle si elle existe. Donc dans ce cas encore il existe une théorie englobante. D'où ce théorème qui englobe les trois cas déjà étudiés :

th. 6. „Si deux théories sont telles qu'aucune proposition de l'une n'a sa négation appartenant à l'autre, il existe une théorie englobante, ayant pour termes primitifs la réunion des termes primitifs et pour produit logique des axiomes le produit logique de tous les axiomes des deux théories. La théorie englobante est consistante si la condition du prolongement est satisfaite, les règles de définition et de raisonnement demeurant inaltérées dans chacune des parties correspondant aux deux théories englobées.

3. *Etude des autres cas.* Le cas qui n'est pas traité dans le paragraphe précédent est celui où il existe au moins une proposition de l'une des deux théories dont la négation appartient à l'autre. Il est bien évident que toute théorie telle que toute proposition de Th_1 ou de Th_2 en soit une proposition sera contradictoire si on se refuse à faire des modifications aux règles de raisonnement. D'où :

th. 8. „Si deux théories sont telles qu'au moins une proposition de l'une a sa négation appartenant à l'autre et si on se refuse à faire subir des modifications aux règles de raisonnement dans chacune de ces théories, c'est-à-dire à la logique employée dans chacune d'elles, il n'existe pas de théorie englobante.

Soit $p_{1,i}$ un des axiomes de Th_1 , leur produit logique est P_1 ; de même soit $p_{2,j}$ un des axiomes de Th_2 , leur produit est P_2 . Désignons par p_1 un produit de $p_{1,i}$ et par p_2 un produit de $p_{2,j}$ et convenons de désigner par $P_1 - p_1$ le produit des axiomes restant de P_1 , de même par $P_2 - p_2$ le produit des axiomes restant de P_2 . Nous pouvons choisir d'au moins deux façons les produits p_1 et p_2 de manière que la théorie dont les axiomes sont $(P_1 - p_1) \& (P_2 - p_2)$ soit non-contradictoire : il suffit de prendre $p_1 = 0$ et $p_2 = P_2$ ou $p_1 = P_1$ et $p_2 = 0$, 0 désignant l'absence de propositions. Lorsqu'il existera une théorie non-contradictoire dont les axiomes sont $(P_1 - p_1) \& (P_2 - p_2)$ les propositions p_1 et p_2 ne se réduisant pas à 0, c'est-à-dire à $P - p = P$ nous dirons que c'est une „*théorie mixte de Th_1 et Th_2* “. En général il existera de telles théories mixtes en appelant ainsi toute théorie dont les axiomes sont des axiomes ou théorèmes pris dans Th_1 et dans Th_2 . S'il existait une théorie englobante elle engloberait en même temps les théories mixtes, mais, comme une telle théorie serait contradictoire, nous ne pouvons la prendre en considération.

Les deux derniers théorèmes que nous venons d'énoncer nous donnent tout ce que les raisonnements de logique pure nous permettent d'affirmer, et ces résultats ne font pas intervenir le fait que nous considérons des théories

physiques, mais des théories déductives quelconques. Pour aller plus loin et démontrer dans tous les cas l'existence d'une théorie unificatrice il faut permettre de faire subir des modifications à la logique. Or ces modifications, le caractère de théorie déductive ne nous permet pas de les justifier; elles paraîtraient donc arbitraires. Pour les justifier il nous faut justement faire intervenir le caractère de théories physiques que possèdent les théories que nous considérons. Le théorème général que nous avons en vue ne sera donc pas un théorème de logique, mais un théorème d'une nouvelle branche de la science qui jouera vis-à-vis de la physique théorique le même rôle que la logique vis-à-vis des théories déductives. Cette nouvelle branche, nous serions tenté, par analogie avec la Métamathématique, la Métalogique, la Métamécanique, de la désigner par Métaphysique si ce terme n'était déjà employé dans un tout autre sens. Aussi proposons-nous d'adopter celui de „Physico-logique“.

4. *Caractère fondamental des théories physiques.* Le caractère essentiel des théories physiques réside en ce que les propositions d'une théorie sont soit 1^o des énoncés de résultats d'expériences, soit 2^o des énoncés de prévisions, certaines ou incertaines, concernant des mesures à effectuer ultérieurement, soit 3^o des énoncés concernant des éléments abstraits adjoints aux éléments ayant une signification physique, c'est-à-dire adjoints aux résultats de mesure et aux prévisions de résultats de mesure, soit 4^o des énoncés établissant des correspondances entre des ensembles de ces divers éléments.

Soit alors r une proposition appartenant à une théorie Th_1 telle que sa négation $\sim r$ appartienne à une théorie Th_2 . Cette proposition ne peut traduire un résultat d'expérience pris comme donnée; c'est nécessairement une proposition des types 2^o, 3^o, 4^o. Si c'est une proposition du type 2^o donnant une prévision certaine, il faudra faire appel à l'expérience: et l'expérience sera cruciale. Si l'expérience vérifie toujours l'exactitude de r on considérera Th_1 comme bien adaptée sur ce point et Th_2 devra être modifiée; ce sera le contraire si c'est $\sim r$ qui est vérifiée. Mais si l'expérience donne tantôt raison à Th_1 et tantôt à Th_2 , suivant le cas on devra juger Th_1 exacte ou Th_2 et ni l'une ni l'autre ne sont satisfaisantes. Un exemple où un tel cas se présente est celui où r serait la proposition:

$$r =_a \text{ „La lumière est corpusculaire“}$$

cette proposition résume divers énoncés sur des prévisions concernant les deux théories de la lumière, la théorie corpusculaire et la théorie ondulatoire; on sait que l'expérience donne à cette proposition tantôt la valeur vrai, tantôt la valeur faux: la théorie a donc besoin d'être retouchée: il est nécessaire de constituer une théorie „unifiant“ Th_1 et Th_2 , c'est-à-dire une théorie ne conservant de celles-ci que les cas où il y a une bonne adéquation.

Si la proposition r est du type 2^o mais ne donne qu'une prévision incertaine, sa négation donne aussi une prévision incertaine, mais en général

différente et un nombre suffisamment grand d'expériences permettra de voir aussi lequel des trois cas précédents est vérifié.

Si la proposition r est du type 3° on peut soit modifier Th_1 pour que r n'y figure plus, soit modifier Th_2 pour que ∞r n'y figure plus, soit effectuer ces deux modifications simultanément lorsque r n'a pas de conséquences sur les propositions du type 2°, car nous n'avons alors qu'à nous préoccuper de conditions de théories déductives où nous exigeons soit la non-contradiction, soit au moins la consistance. Si r a des conséquences sur les propositions du type 2° il faudra en même temps tenir compte de ce que nous avons dit ci-dessus.

Enfin si r est une proposition du type 4°, où bien elle lie uniquement des abstraits adjoints et nous sommes ramené aux propositions du type 3°, ou bien des résultats d'expériences ou des prévisions concernant des mesures interviennent. Dans ce cas comme dans le cas 2° un ensemble suffisamment riche d'expériences fera ressortir l'inadéquation.

Ainsi lorsqu'on a deux théories physiques telles qu'il n'existe pas de théorie englobante (au sens défini plus haut) un appel à l'expérience conduit à modifier au moins l'une d'elles ou conduit à rechercher une théorie qui ne contienne pas les caractères inadéquats de chacune d'elles.

C'est donc la notion d'adéquation qui nous paraît essentielle pour juger une théorie physique et c'est cette notion que la doctrine idonéiste prend comme point de départ ; ceci nous montre combien elle est adaptée aux études sur les théories physiques.

5. *Modifications d'une théorie physique.* Au paragraphe précédent nous avons senti la nécessité dans certains cas d'inadéquation de faire subir à une théorie physique des modifications, lesquelles ne peuvent être faites en premier lieu qu'à la partie déductive ou à l'énoncé axiomatique : ce n'est qu'une fois ces modifications effectuées qu'elles pourront réagir sur la synthèse inductive et conduire à la modifier elle aussi. Ce sont donc des modifications à une théorie déductive que nous voyons s'imposer.

Ces modifications ne sauraient concerner les termes primitifs, puisque nous n'avons eu à considérer que des modifications sur les propositions. Les changements ne peuvent porter que sur les axiomes, les règles de définition, les règles de raisonnement. Il est fort possible que les inadéquations puissent disparaître par une modification des règles de définition ou par une modification des axiomes. Mais par de tels changements en éliminant des parties inadéquates, nous pouvons aussi éliminer des parties adéquates qu'il convient de garder. Un cas extrême pourrait même se présenter, c'est celui où par de telles modifications d'une théorie Th on ne pourrait parvenir à aucune partie restante parfaitement adéquate.

On voit donc qu'il peut parfois être nécessaire de modifier aussi les règles de raisonnement de la théorie considérée, de façon à la transformer en une théorie adéquate. Nous pouvons même affirmer davantage : les modifications à effectuer ne seront que des affaiblissements apportés aux règles

adoptées, puisque nous avons seulement à supprimer des propositions inadéquates que nous avons en trop ; avec un certain nombre de règles supplémentaires interdisant de tirer certaines conclusions nous pouvons être certain de faire disparaître toutes les propositions inadéquates. Cependant si on abusait de ce moyen en l'appliquant systématiquement dans tous les cas d'inadéquation, on introduirait une foule de règles particulières de raisonnement, ce qui serait contraire à la méthode déductive dont le but est de n'avoir que quelques règles générales. On ne devra employer ce moyen que dans quelques cas où une raison d'ordre esthétique fait que c'est cette modification que l'on trouve préférable, ou au contraire lorsque ce moyen est le seul qui nous permette une bonne adéquation : ce dernier cas se présente effectivement, d'où l'intérêt de mettre en lumière cette méthode d'action.

6. *Théorie unifiante.* Soit une théorie Th . Si en certaines de ses parties elle est inadéquate, nous devons la modifier dans le sens que nous venons d'indiquer. Nous obtenons ainsi une nouvelle théorie que nous appellerons théorie modifiée de Th . Désignons la par Th' .

Considérons maintenant deux théories Th_1 et Th_2 qui n'admettent pas de théorie englobante non-contradictoire. Nous avons vu ci-dessus que pour toute proposition r telle que r appartienne à l'une des deux théories et sa négation $\sim r$ à l'autre, l'une des deux théories ou les deux devaient être modifiées, car en ce point l'une au moins est inadéquate. Par des modifications aux règles de raisonnement, nous sommes certain que nous pouvons éliminer ces propositions inadéquates, soit conserver r , soit conserver $\sim r$, soit les rejeter complètement toutes deux, soit les remplacer par des propositions plus faibles faisant intervenir des probabilités. De toutes façons, si l'adéquation est effectuée, nous aurons deux théories Th'_1 et Th'_2 modifiées respectivement de Th_1 et de Th_2 , l'une au moins des deux étant effectivement modifiée. Pour ces deux théories Th_1 et Th_2 nous sommes sûr, si la modification est convenable, et nous savons pouvoir faire effectivement une telle modification, qu'il n'existe aucune proposition s de l'une des deux théories Th'_1 ou Th'_2 dont la négation appartienne à l'autre. Nous sommes alors dans le cas où il existe une théorie englobante, soit Th' . A cette théorie nous donnerons le nom de „*théorie unifiante de Th_1 et Th_2* “. Elle doit être consistante, sinon, comme nous l'avons montré dans notre thèse principale de Philosophie elle serait inadéquate. La condition du prolongement doit donc être satisfaite.

En définitive, nous arrivons à ce résultat :

th. 9. *Etant donné deux théories physiques, ou bien il existe une théorie englobante, ou bien il existe une théorie unifiante, celle-ci étant au moins aussi adéquate que les deux théories données.*

7. *L'exemple de la théorie des quanta.* Pour justifier notre manière de raisonner il faut que nous donnions un exemple effectif d'une unification ayant

exigé une modification des règles de raisonnement. Cet exemple, nous le trouvons dans la forme actuelle de la théorie des quanta. Il est bien connu que les phénomènes tant matériels que lumineux prennent tantôt l'aspect corpusculaire et tantôt l'aspect ondulatoire. Les théories anciennes sont soit corpusculaires, soit ondulatoires : elles ne rendent compte que d'une partie des phénomènes et donnent au contraire sur l'autre partie des affirmations erronées, par exemple la théorie ondulatoire de la lumière non-seulement ne prévoit pas l'effet photo-électrique, mais encore en nie la possibilité. Cette théorie n'est donc pas seulement incomplète mais contient une partie inadéquate puisqu'elle est dans cette partie en contradiction avec l'expérience. Il en est de même de toute théorie purement corpusculaire. Il est donc nécessaire de prendre en considération ces deux types de théories et de modifier les théories anciennes de façon qu'elles ne contiennent aucune affirmation dans le domaine où elles sont inadéquates. Ainsi les deux théories vont se trouver juxtaposées sans que l'une contredise l'autre. Un simple examen superficiel des théories purement ondulatoires et des théories purement corpusculaires suffit pour se rendre compte que seulement par des changements de règles de définitions ou d'axiomes on ne peut supprimer toute la partie inadéquate. Il est donc nécessaire de modifier les règles de raisonnement en interdisant de tirer certaines conclusions. Mais c'est bien ce que font, sans le dire et même sans vouloir le reconnaître, les physiciens en omettant de faire figurer dans les livres de physique les parties inadéquates : par exemple on ne trouvera pas un livre dans lequel on démontrera la non-existence de l'effet photo-électrique au moyen d'une théorie ondulatoire si ce n'est pour faire ressortir le défaut de la théorie, car en somme les exigences pratiques l'emportent toujours sur les exigences théoriques. Ce que fait délibérément et discrètement le physicien, le logicien doit le mettre en évidence et accorder les principes théoriques et les principes pratiques en autorisant, pour améliorer la schématisation, les modifications des règles de raisonnement dans les cas où elles s'imposent. Ces modifications, un logicien classique ne peut les accepter et c'est seulement la position idéoniste de chercher avant tout une bonne adéquation qui nous permet de les accorder.

Ainsi pour concilier les théories corpusculaires et ondulatoires nous devons nécessairement modifier les règles de raisonnement de façon à rendre adéquates les théories modifiées et celles-ci admettent alors une théorie englobante. Ce qu'il faudra en somme, c'est que toute hypothèse de caractère corpusculaire n'entraîne aucune conséquence en contradiction avec les hypothèses de caractère ondulatoire : c'est là la traduction logique de la complémentarité ; elle s'exprimera par le langage de la logique de M^{lle} *Février* qui décompose les paires de propositions en deux classes : les paires composables et les paires incomposables. Les remarques que nous venons de faire nous font comprendre la nécessité pour la Mécanique ondulatoire d'avoir des règles de raisonnement différentes de celles des théories anciennes : ces règles s'expriment dans la logique de M^{lle} *Février* avec en outre l'introduction d'un

langage probabiliste. C'est un résultat tout à fait remarquable d'avoir mis en évidence que la théorie des quanta obligeait à considérer une nouvelle logique et d'avoir pu dégager une partie de ses règles essentielles; une nouvelle voie est ainsi ouverte qui semble pleine de promesses pour l'étude des problèmes fondamentaux des théories physiques.

8. *L'unité de la Physique théorique.* Ainsi grâce à l'autorisation que nous nous sommes donnée de modifier dans certains cas les règles de raisonnement d'une théorie pour en parfaire l'adéquation, nous sommes certain que toujours il existera une théorie unifiant deux théories physiques données, le verbe „exister“ devant être pris dans le sens de „pouvoir construire effectivement“.

Si nous considérons n théories physiques nous pourrions les unifier en unifiant d'abord deux d'entre-elles; puis en unifiant la théorie obtenue avec une troisième et ainsi de suite jusqu'à la n^e . La théorie obtenue unifiera bien les n théories données. On peut se demander si en changeant l'ordre dans lequel on prend ces n théories on obtiendra toujours la même théorie unifiante. En général des théories ainsi obtenues ne seront pas identiques ni même équivalentes, mais elles contiendront toutes les parties adéquates de chacune des théories données. Elles ne différeront donc que sur les propositions du type 2^o qui concernent les énoncés sur les éléments abstraits adjoints. De sorte qu'elles seront toutes physiquement équivalentes.

C'est en la possibilité de pouvoir toujours construire une théorie physique unifiant n théories données que réside l'unité de la physique théorique. Nous avons donc atteint le but que nous nous étions fixé: établir l'unité de la Physique théorique.

9. *Construction d'une théorie unifiante.* Nous venons de démontrer la possibilité de construire une théorie physique unifiant deux théories données, mais nous n'avons pas indiqué le moyen de la construire, si bien que ce résultat n'a pour l'instant qu'un intérêt idéal. Il nous faut maintenant donner une méthode permettant d'y parvenir.

Dans le cas où il existe une théorie englobante, le problème est déjà résolu par la façon dont nous avons établi le théorème 7. Mais le cas qui se présente le plus souvent est celui où il n'y a pas de théorie englobante. Dans ce cas nous pouvons opérer comme suit:

1^o. Nous faisons choix d'une théorie initiale Th_0 qui soit une théorie mixte des deux théories données Th_1 et Th_2 , c'est-à-dire que ses axiomes sont soit des axiomes soit des théorèmes de Th_1 ou de Th_2 choisis de telle manière qu'ils ne paraissent pas constituer à première vue une théorie contradictoire et qu'ils soient autant que possible indépendants. Leur choix est une question d'intuition physique. Un examen doit être fait dans chaque cas particulier, cependant il existe un certain nombre de règles permettant de fixer en partie la théorie Th_0 connaissant Th_1 et Th_2 , mais il n'est pas utile de les indiquer ici leur seul effet étant de faire choix d'une théorie Th_0 conduisant plus rapi-

dement au but. Elles n'ont donc qu'un intérêt purement technique qui ne mérite pas la complication qu'entraînerait pour notre exposé leur justification.

Comme termes primitifs de Th_0 nous prendrons des termes qui figurent dans les axiomes de façon qu'avec les règles de définition de l'une des deux théories données tous les termes figurant dans les axiomes soient définis ou appartiennent à la liste des termes primitifs, liste qui sera réduite de façon à se rapprocher autant que possible de l'indépendance.

Comme règles de définition nous adopterons certaines règles de Th_1 ou de Th_2 comprenant au minimum celles qui servent à définir les termes figurant dans les axiomes de Th_0 et toutes celles qui nous sembleront utiles.

Enfin comme règles de raisonnement nous conserverons celles de Th_1 ou de Th_2 dans les parties de Th_0 appartenant à ces théories et s'il existe une partie nouvelle les règles y seront telles que la consistance soit assurée.

2°. La théorie Th_0 étant définie, on se préoccupe de sa consistance. Si elle ne peut être établie on pourra toujours le faire pour une partie $Th_{0,1}$ de Th_0 et le reste sera réservé : si une contradiction apparaît on modifiera soit les axiomes, soit les règles de Th_0 de façon à obtenir une théorie $Th_{0,2}$ consistante.

3°. On développe alors $Th_{0,2}$ en tant que théorie déductive, puis on élimine, s'il s'en présente, les parties inadéquates par modification des axiomes ou des règles, d'où une théorie $Th_{0,3}$ consistante et adéquate.

4°. On compare $Th_{0,3}$ aux théories Th_1 et Th_2 données, et on cherche à prolonger $Th_{0,3}$ de façon à obtenir une théorie qui contienne davantage de propositions adéquates des théories données. Ceci s'obtient par des adjonctions successives de termes primitifs et de postulats suivies, s'il est nécessaire, de modifications des règles (affaiblissements) pour assurer la consistance et le rejet des propositions inadéquates. On parvient ainsi à une théorie $Th_{0,4}$. On l'obtiendra en général plus facilement si on a auparavant étudié les théories partielles des théories données, c'est-à-dire si on en a fait une étude axiomatique et une analyse logique.

5°. On examine alors si $Th_{0,4}$ contient bien toutes les propositions de Th_1 et de Th_2 que l'on voulait prendre en considération. Dans le cas où il en manquerait il faut faire de nouvelles adjonctions. On examine aussi si $Th_{0,4}$ ne contient pas de propositions de Th_1 et de Th_2 que l'on veut rejeter. S'il y en avait il faudrait modifier les axiomes ou les règles. Les modifications de règles étant toujours des affaiblissements aux règles déjà admises.

Ce travail effectué, on a une théorie unifiante de Th_1 et Th_2 , soit Th_5 .

6°. On examine alors Th_5 et on en fait une analyse logique. On cherche à simplifier le plus possible les règles particulières introduites au cours des essais successifs, de façon à avoir un petit nombre de règles générales. Ceci peut naturellement conduire à modifier les axiomes et les termes primitifs. Dans cette retouche terminale ce sont surtout des raisons d'ordre esthétique qui guident ainsi que l'intuition physique. Soit Th la théorie ainsi obtenue, elle est bien une théorie unifiante de Th_1 et Th_2 . On l'obtiendra d'autant plus

facilement que Th_0 sera convenablement adaptée, mais en appliquant la méthode d'adjonction et de correction des règles un certain nombre de fois, nombre inférieur au nombre d'axiomes de Th_1 et Th_2 , on est certain d'arriver à une théorie englobante Th . Dès lors on peut dire que le problème de l'unification de deux théories physiques est complètement résolu, la méthode s'appliquant en pratique sans difficulté. Les problèmes de Physique théorique qui se posent sont donc uniquement de schématiser des domaines nouveaux, l'unification se ramenant à des études d'axiomatique physique dont on est certain d'obtenir la solution : c'est ainsi que nous avons appliqué cette méthode pour la construction de la mécanique relativiste des systèmes et pour l'unification de la théorie de la relativité et de la théorie des quanta : dans les deux cas nous avons pu parvenir à la solution, ce qui prouve l'intérêt pratique de l'étude qui précède.

CONCLUSION

Dans ce travail ayant pour but de faire ressortir l'unité de la Physique théorique, nous avons d'abord indiqué des caractères généraux des théories physiques : division en trois parties : synthèse inductive, énoncé axiomatique, partie déductive. Si on ne porte son attention que sur les deux dernières parties, une théorie physique apparaît comme une théorie déductive ; ceci nous conduit à examiner de plus près ce qu'est une théorie déductive et notre schématisation nous amène à définir une logique assez générale que nous désignons par L_2 . C'est avec les règles de cette logique que nous démontrons nos théorèmes sur l'existence d'une théorie englobant deux théories données.

La seconde partie de notre exposé est en effet uniquement consacrée à l'étude de l'existence d'une théorie „englobante“ ou d'une théorie „unifiante“. D'abord avec les seules règles de la logique L_2 nous établissons dans quels cas il existe une théorie englobant deux théories données : il faut et il suffit pour cela qu'aucune proposition de l'une n'ait sa négation qui appartienne à l'autre.

Lorsqu'il n'y a pas de théorie englobante les raisonnements de logique pure ne nous suffisent plus. Nous sommes obligé de faire appel à des raisonnements de type physique qui seront basés sur des faits expérimentaux, car nous devons faire intervenir ce caractère fondamental des théories physiques d'être liées à des résultats d'expériences et à des prévisions concernant des mesures à effectuer. Nous sommes conduit alors à envisager la nécessité de modifier dans certains cas les règles de raisonnement pour avoir des théories bien adaptées. Nous constatons que cette modification est parfois la seule issue possible pour maintenir une bonne adéquation.

Admettant des modifications pour les règles de raisonnement de deux théories données, modifications dont nous précisons l'étendue : affaiblissement des règles employées dans les théories données, nous constatons que les théories modifiées admettent une théorie englobante et c'est celle-ci que nous considérons comme théorie unifiante, car elle contient toutes les parties adéquates des théories données. Il est facile alors de considérer n théories et de les unifier par des unifications successives de deux théories. Ceci nous établit l'unité de la physique théorique : elle réside essentiellement en la possibilité d'unifier toujours les théories qu'on a à considérer.

Si on refusait d'accorder les modifications aux règles de raisonnement dans les cas où elles nous sont nécessaires, non seulement nous n'aurions pas l'unité de la Physique théorique, mais encore nous ne pourrions pas

construire de théorie adéquate, car une théorie comprendrait nécessairement une partie inadéquate. En exigeant le droit de changer les règles dans certains cas étroitement limités aux nécessités d'adéquation, nous ne faisons que demander la régularisation légale d'un état de fait, comme le montre l'exemple de la théorie des quanta. Enfin nous indiquons une méthode permettant de construire une théorie unifiante de deux théories données.

Ainsi nous avons atteint le but que nous nous étions fixé : établir l'unité de la physique théorique, alors que jusqu'à maintenant cette unité n'était qu'une croyance qui depuis le début de ce siècle pouvait être fortement mise en doute par les incompatibilités des diverses théories.

A une satisfaction pour l'esprit du physicien vient s'ajouter un résultat important pour la théorie de la connaissance. En outre, ce résultat joint à une méthode de construction permet de parvenir d'une part à la mécanique relativiste des systèmes, d'autre part à l'unification de la théorie de la Relativité généralisée et de la théorie des quanta. Ce sont là deux des problèmes fondamentaux actuels de la physique théorique : on peut les considérer comme résolus.

Vu le 23 Octobre 1937

Pour le Doyen et par autorisation

Le Professeur Délégué

Membre du Conseil de l'Université

A. CHOLLEY

VU

et PERMIS D'IMPRIMER

LE RECTEUR

DE L'ACADEMIE DE PARIS

G. ROUSSY

TABLE DES SYMBOLES

$\equiv_d$ égal par définition . . . p. 6	$\&$ opération schématisant la conjonction „et“ . . pp. 9, 10
$\rightarrow$ entraîne p. 6	$\vee$ opération schématisant, la conjonction „ou“ . . p. 11
T_p terme primitif pp. 6, 7	L_2 Logique définie p. 11 et suivantes.
ε appartient à p. 7	T valeur logique tiers . . p. 11
A axiome p. 7	ν sommes des valeurs logiques pp. 11, 12
$=$ égalité p. 7	L_1 logique définie dans notre thèse principale de Philo- sophie p. 12
$\mathbf{T}$ opérateur p. 7	$\equiv$ identité logique p. 12
$f(x)$ fonction de x p. 7	$\exists x$ il existe un x tel que . p. 12
Df. définition p. 7	Th_P théorie ayant P pour pro- duit des axiomes . . . p. 14
$\vdash$ proposition vraie p. 7	P produit logique des axiomes d'une théorie Th_P . . . p. 14
E_x Ensemble des x tels que . p. 7	ind indépendant de p. 14
V_l valeur logique p. 8	Th^P prolongement d'une thé- orie Th_P p. 14
V valeur logique vrai . . . p. 8	th. théorème p. 15
Λ valeur logique non-vrai . p. 8	$\supseteq$ inclusion de deux théories p. 15
$\sim$ négation p. 8	engl englobe p. 15
$f_{\sim}$ fonction définissante de la valeur logique de la né- gation p. 8	— soustraction d'axiomes . p. 17
f valeur logique faux . . . p. 8	0 absence de propositions p. 15
$\supseteq$ inclusion des valeurs logi- ques p. 9	Th_0 théorie initiale . . . p. 22
$\mathbf{R}$ opération binaire p. 9	
L_0 Logique classique p. 5	
L_F Logique de M^{lle} Février pp. 5, 9	

BIBLIOGRAPHIE

J. L. DESTOUCHES. Thèse principale de Philosophie : *Essai sur la forme générale des théories physiques*. (Paris 1938.)

Paulette FÉVRIER. Comptes Rendus, t. 204 (1937), p. 481 et p. 958. Communica-
tion au IX^e Congrès int. de Philosophie (Congrès Descartes) Paris 1937, fasc. VI, p. 88;
(No. 535 des Actualités Scientifiques).

Ferdinand GONSETH, *Les mathématiques et la Réalité* (Alcan. Paris 1936),

INDEX

A	p.
axiome	6

B	
<i>Louis de Broglie</i>	3

C	
concept	6
condition du prolongement	14
„ sur des éléments	7
conjonction „et“	9, 10
„ „ou“	9, 11
consistance	15, 16
contradictoire	10
correspondance univoque	7

E	
élément d'un ensemble	7
ensemble	7

F	
M ^{lle} <i>Février</i>	4, 5, 12, 21
fonction	7
„ définissante	6
„ propositionnelle	7

G	
<i>Gonseth</i>	4

H	
<i>Heisenberg</i>	5

I	
idonéiste	4
inclusion	13
indépendance	14

L	
Logique L ₀	5
„ L ₁	12
„ L ₂	11
„ L _F	3, 10

N	p.
négation	8

O	
Opération logique	9
„ „de première espèce	9
„ „de seconde „	12
„ „de troisième „	9, 10

P	
partie déductive	6
postulat	6
prolongement d'une théorie	14
proposition	6
„ justifiée	6
„ non-vraie	7

R	
règle de particularisation	8

S	
synthèse inductive	6

T	
terme défini	6
„ primitif	6
théorie englobante	15
„ initiale Th ₀	22
„ mixte	17
„ unifiante	20
type	7

V	
valeur logique	8
„ „ faux	8, 12
„ „ non-vrai	8, 12
„ „ vrai	8, 12
variable parcourant un ensemble	7

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	pag. 3
I. LES NOTIONS FONDAMENTALES	6
1. Définition d'une théorie physique	6
2. Définitions et règles fondamentales	7
3. Les conjonctions „et“ et „ou“	9
4. La Logique L_2	11
II. L'UNITE DE LA PHYSIQUE THÉORIQUE	14
1. Indépendance de deux théories	14
2. Cas d'existence d'une théorie englobante	16
3. Etude des autres cas	17
4. Caractère fondamental des théories physiques	18
5. Modifications d'une théorie physique	19
6. Théorie unifiante	20
7. L'exemple de la théorie des quanta	20
8. L'unité de la Physique théorique	22
9. Construction d'une théorie unifiante	22
CONCLUSION	27
Table des symboles	29
Index	31



